جمعية المهندسين المصرية

الـكابلات الأرضية
ذات الضغط العالى

أنواعها المختلفة وأحدث الطرق لصناعتها وكيفية استعمالها

للمهنـــدس
صلاح الدين الشاذلى
مفتش عام الـكهرباء

محاضرة ألقيت بجمعية المهندسين المصرية يوم ١٠ أكتوبر سنة ١٩٥٥

مطبعة الاعتماد بمصر ت ٤٥٥٤٥

ESEN-CPS-BK-0000000221-ESE

00426240

جمعية المهندسين المصرية

الكابلات الأرضية

ذات الضغط العالى

أنواعها المختلفة وأحدث الطرق لصناعتها وكيفية استعمالها

المهندس

صلاح الدين الشاذلى

مفتش عام الكهرباء

محاضرة ألقيت بجمعية المهندسين المصرية يوم ١٠ أكتوبر سنة ١٩٥٥

مطبعة الاعتماد بمصر ت ٤٥٥٤٥

الكابلات الأرضية ذات الضغط العالى

أنواعها ، وأحدث الطرق لصناعتها ، وكيفية استعمالها

أيها السادة . زملائى الأفاضل :

يسرنى أن تتاح لى هذه الفرصة السعيدة لأحدثكم الليلة فى موضوع هندسى هام ..

حضرات الزملاء : تعلمون حضراتكم أن الشبكات الكهربائية ذات الضغط العالى قد أصبحت فى الوقت الحاضر هى شرايين القوة والعمران وهمزة الوصل بين المراكز الصناعية الهامة والعمود الفقرى لتوزيع الطاقة الكهربائية على نطاق واسع حتى أصبحت لا تعترف بالحدود الجغرافية للممالك والدول المختلفة .

والشبكات الأرضية التى يستعمل بها الكابلات ذات الضغط العالى هى أهم وأدق ، وأصعب أجزاء الشبكات الكهربائية .

وسيقتصر حديثنا الليلة على صناعة هذه الكابلات وأنواعها المختلفة وطريقة وضعها واستعمالها على أحدث الطرق .

إلى مدة قريبة كانت الطاقة الكهربائية ترسل لمسافات قصيرة بواسطة أسلاك أو كابلات معراة فى خطوط هوائية وذلك إلى أن زاد اقبال الناس على استعمال الكهرباء زيادة كبيرة وأصبحت حاجة المدن والبلاد الكبيرة إلى الكهرباء كحاجتها الماء والهواء ، وهنا ظهرت ضرورة إحلال الكابلات الأرضية بدلا من الخطوط الهوائية داخل المدن وفى المطارات حتى لا تتعرض حياة الناس للخطر .

وبدأت صناعة الكابلات لضغط لا يزيد عن ١٠٠٠٠ فولت بعزل الأسلاك النحاسية بلفة بالورق المضغوط المشبع بالشمع ومسحوب فى مواسير حديدية . ثم أمكن بعد ذلك لفها بالورق الحلزونى وحمايتها بغلالة من الرصاص (Lead Sheaths) .

ولما زادت حاجة العالم إلى رفع الضغط الكهربائى لتسهيل إرسال التيار لمسافات أطول تقدمت صناعة الكابلات الأرضية لمسايرة الحاجة الملحة لارتفاع الضغوط فى الخطوط الكهربائية الطويلة ولغاية سنة ١٩٢٠ لم يك تستعمل ضغوط أعلى

من ٢٢٠٠٠ فولت إلا في النادر جدا ولم تأتى سنة ١٩٢٥ حتى كانت الحاجة ملحة لرفع ضغوط الخطوط الكهربائية وبدأ برفعها سنة بعد أخرى إلى ٣٣ ك . ف ثم ٦٦ ك . ف ثم إلى ١٢٠ ك . ف وهلم جرا حتى وصلت الآن إلى ٣٨٠ ك . ف واضطرت صناعة الكابلات الأرضية ذات الضغط العالى مسايرة هذا الارتفاع الكبير السريع . فأصبح من الضرورى استعمال ورق العزل من النوع الخاص العالى الكفاءة ليمكن خفض تكاليف ثمن الكابل إلى أقل ما يمكن — كما أمكن حقن الكابلات بالمخلوط الزيتى Compound وأمكن التغلب على زيادة الضغط القطرى Radial stress من ٢٠ ك . ف على السنتيمتر إلى ٢٦ ثم إلى ٤٥ ك . ف على السنتيمتر وأكثر وذلك بعد اكتشاف طريقة تغليف القضبان Core Screening بالرصاص على نظرية العالم الألمانى Hochstadter ومن هنا بدأت صناعة الكابلات الأرضية تزدهر إلى أن وصلت إلى ذروتها .

طريقة صناعة الكابلات الأرضية المصمتة Solid Type Cables

١ — تجدل الأسلاك النحاسية أو المصنوعة من الألمنيوم الرفيعة بواسطة ماكينة خاصة ليأخذ قطاعها الشكل الدائرى المطلوب بشكل حبل ثم يلف على بكرة .

٢ — يسحب الكابل النحاس المذكور داخل ماكينة العزل وهى عبارة عن محور طويل مركب عليه على ابعاد متقاربة حوالى ٨٠سم بكرات تحمل ورق العزل الرفيع القوى المصنوع من لباب الخشب والسيليلوز كل أربعة بكرات على محور واحد وقد يصل عدد محاور هذه البكرات ٢٨ واحدة أى أنه يمكن لف الموصلات النحاسية بعدد ١١٢ لفة من هذا الورق وتتوقف عدد اللفات على مقدار الفولت أو الضغط الذى سيستعمل له هذا الكابل . ثم يلف الكابل بعد عزله بالورق على بكرة أخرى .

٣ — ترسل هذه البكرات لحقنها بالمخلوط الزيتى Impregnated وذلك أولا بوضع هذه البكرات داخل أفران محكمة القفل ثم يفرغ الهواء منها (Uuder Vacum) لتتخلص من أى أثر للرطوبة فى الكابل والعازل .

٤ — يحقن الكابل بالمخلوط الزيتى Compound داخل هذه الأفران تحت درجة حرارة تصل إلى درجة ٨٥ درجة مئوية ويبقى مدة قد تصل إلى أسبوع .

٥ — بعد عملية الحقن يسحب الكابل داخل ماكينة لتغليفه بالرصاص وهذه الماكينة عبارة عن مكبس هيدروليكي يصهر فوقه الرصاص لدرجة السيولة ثم يكبس الرصاص بالمكبس داخل المجرى التي يسحب فيها الكابل فيغلف الكابل بالرصاص بالسمك والقطر المطلوبين ثم يبرد ويلف على بكرة .

٦ — إذا أريد تسليح الكابل يرسل إلى ماكينة أخرى للفه بأنواع أخرى من الورق والخيش المقطرن ثم يلف بخوص رفيعة Straps من الصلب تثبت بحلقات من الصلب المجلفن على ابعاد متقاربة ثم يغطى بطبقة أخرى من الخيش المقطرن .

وسيعرض على حضراتكم فيلما سينمائيا فيه شرح كامل لهذه العملية أتعشم أن توفر على كثيرا من شرح دقائق هذه الصناعة .

هذا النوع من الكابلات هو ما يسمى بالكابلات المصمتة Solid Type Cables

ويمكن صناعة هذا النوع اما بتغليف اقطاب الموصلات الثلاثة مجتمعة (Three cores) بعد عزل كل منها وتغطيته بالورق الممعدن (Metallised paper or metal tape) أو تغليف كل قطب (موصل) وحده وذلك بعد عزله بالورق وتغطيته كذلك بالورق الممعدن .

وبتقدم التجارب على الأقطاب المغلفة بالرصاص أمكن صناعة واستعمال كابلات من هذا النوع يصل ضغطها إلى ٦٦ ك . ف في نهاية سنة ١٩٢٩ ولو أنه حدث منها عدة متاعب بعد ذلك أمكن التغلب عليها .

أولا : بتحسين المواد المصنوع منها العازل (نوع الورق) .

وثانيا : جعل مقطع الأقطاب (الموصلات) المصنوع من عدد من الأسلاك النحاسية على الشكل البيضاوى حتى يأخذ العازل (dielectric) الذى يحيطها نفس الشكل والذى يحاول أن يأخذ الشكل الدائرى عندما تتمدد الموصلات بالحرارة وقت التحميل وبهذه الطريقة أمكن التغلب شيئا ما على زيادة حجم المخلوط (الكمباوند Compound) بالعازل عند ما يسخن وقد أمكن صناعة عدد من الكابلات الناجحة من هذا النوع يصل ضغطها إلى ٦٦ ك . ف منذ سنة ١٩٣٠ ولكن هذا النوع قل استعماله بعد اكتشاف الأنواع الأخرى ذات الضغوط pressuriseb cables وذلك لأنه ثبت أنه لا يمكن استعمال هذا النوع من الكابلات

عند ما يزيد الضغط على ٦٦ كيلو فولت وذلك لأن الأبحاث الطويلة والجهود المضنية أوضحت أن زيادة معامل ضغط العازل إلى أعلا من ٤٥ ك . ف على السنتيمتر مع ارتفاع درجة الحرارة زيادة عن ٦٥ درجة مئوية تسبب فى أغلب الأحيان فشل العزل وذلك لحدوث بعض فجوات صغيرة (voids) بين عوازل الأقطاب نتيجة لموجات التمدد والانكماش التى تحدث فى المخلوط الزيتى (lmprgning Compound) المحقون به أوراق العزل من أثر تغير الأحمال فى الكابلات عند استعمالها فيحدث ما يسمى تأين (lonization of Gas) فى هذه الفجوات الصغيرة يسبب فشل العزل .

فورق العزل المصنوع من مادة السيليلوز عند حقنه بالكمبوند يمتص كمية كبيرة منه ومن الملاحظ كقاعدة أن حجم هذا الورق يتضاعف بعد عملية الحقن (lmpregnation) وكلما زاد الفولت المستعمل فى الكابلات وجب زيادة سمك ورق العزل على الموصلات (الأقطاب) بالطبيعة وتضاعف بذلك كمية الكمبوند المستعمل . وعند ارتفاع درجة الموصلات عند تحميل الكابل ٢٥ درجة مئوية فقط يزيد حجم الكمبوند بحوالى ٢ ٪ وهذه الزيادة فى الحجم تسبب انبعاج الغلاف الرصاصى الذى يحيط بالموصلات المعزولة . وعند انخفاض الحمل يبدأ الكمبوند فى الانكماش بسبب انخفاض درجة الحرارة ولا يستطيع الغلاف الرصاصى الذى كان قد اتسع قليلا الرجوع تماماً إلى حالته الأولى بعد انكماش العازل . وبذلك يترك فجوات صغيرة داخل الكابل وتحت الضغوط العالية (dielectric stresses) تنشأ فى الفجوات المذكورة ما يسمى بالكرونا (corona phenomena) وهذه تسبب مع الوقت أضعاف العازل ، ومن ثم إلى قصر فى الكابل (Break down).

وقد أمكن تقليل الضرر فى مثل هذه الحالة بوضع غلالة معدنية بين العازل والغلاف الرصاصى فى الضغوط المتوسطة ولكن عند ارتفاع الفولت أكثر من ٦٦ ك . ف وجدت أنها غير كافية لمنع الكرونه فى الفجوات الداخلية فى العازل وثبت بعد ذلك عمليا عدم امكان صناعة كابلات من نوع المصمت (Solid) لضغط يزيد عن ٦٦ ك . ف .

وأصبح الآن مفهوما أن الحد الأعلى التى يمكن أن تحتمله الكابلات الأرضية من النوع المصمت (Solid type) هو ٦٦ ك . فولت .

ولما زادت الحاجة لرفع الضغط الكهربائى فى الشبكات المختلفة عن الضغط المذكور آنفا والتى لا يمكن بعدها استعمال هذا النوع من الكابلات أصبح من الضرورى البحث عن تصميم أنواع أخرى من الكابلات تسمح باحتمال استعمال ضغط أعلى بنجاح على عوازل الموصلات الكهربائية (Higher dielectric stress)

وقد اكتشفت نظرية أساسية للتغلب على الصعوبات الناتجة من الفجوات والتخلخلات التى تحدث نتيجة التمدد والانكماش الناتج من تغير الأحمال وذلك بملئها بسائل عازل تحت ضغط (Fluid under pressure)

الكابلات الزيتية Oil filled Gables

كان الفضل فى ظهور هذه النظرية لـ Fisher & Atkinson بانجلترا فى أواخر سنة ١٩٢٥ و Hochstadtar بألمانيا فى أوائل سنة ١٩٢٦ .

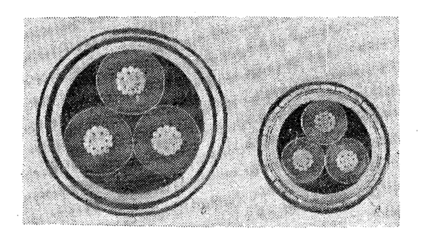
وهذا النوع من الكابلات تعزل موصلاته بالورق المحقون بالزيت الخفيف الواطى اللزوجة (Imprignated with Iow Viscosity oil) وبه ثقوب طولية (Iongitudinal ducts) يمر بها الزيت ويتصل بصهاريج للتمدد Expansion tanks

توضع فى نهايات مسار الكابل لتمده بالزيت اللازم تحت ضغط كافى لملىء الفجوات التى تحدث من التغييرات الحرارية والتأكد من انعدامها عند تغيير درجة الحرارة بسبب تغيير الحمل .

ومن هذه الصهاريج يسير الزيت المضغوط داخل المجارى الطولية فى الكابل ومنها يسير بين طبقات العزل وتملأ الفجوات الموجودة به عند مايبرد الكابل .

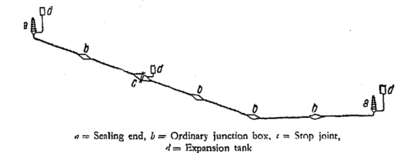
والثقوب الطولية (Iongitudinal oil ducts) التى يسير داخلها الزيت اما أن تكون داخل الموصلات أو محيطة بها كالرسم الموضح .

الزيت الخفيف المستعمل فى الكابلات وثقله النوعى حوالى ٩, والمستعمل فى هذا النوع من الكابلات يتبع فى سـيره قوانين الهيدروستاتك Hydrostatic والهيدروديناك Hydrodynamic ولذلك فانه كلما كان مسار هذا النوع من الكابلات فى مستوى واحـد تقريبا فان ضغط الزيت يكون متساويا تقريبا فى طول مسار الكابل ولكن هذا الضغط يقل أو يزيد عند ما يكون مسار الكابل غير مستوى وذلك بمقدار ما يساوى ١ كيلو جرام على السنتيمتر المربع



شكل (١)

لكل فرق إرتفاع قدره ١١ مترا تقريبا ولهذا وجد من الضرورى تسليح هذا النوع من الكابلات وتقوية غلافه الرصاصى ليتحمل فرق ضغط الزيت بين أوطى مسار للكابل وأعلا نقطة فيه ، كما أنه يجب العناية فى تصميم صناديق الوصلات (junction boxes) بحيث تكون محكمة القفل (liquid tight) كما يجب وضع صناديق تغذى من صهاريج زيتية فى مواضع مناسبة لتخفف من الضغط الهيدروستاتيكى فى مسار الكابل وتسمى هذه الصناديق(Stop joints) وذلك كالنقطة الموضحة فى الرسم (٢)

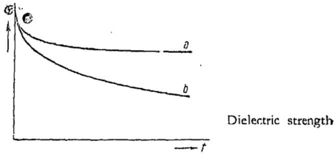


a = Sealing end, b = Ordinary junction box, c = Stop joint,
d = Expansion tank

Simplified profile of oil-filled cable line

شكل (٢)

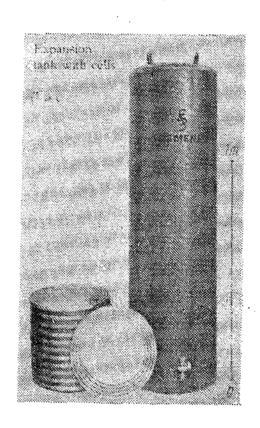
وتمدد الزيت بالحرارة thermal expension من الأهمية بمكان عند تصميم مسار الكابلات الزيتية . والعادة أن الزيت المستعمل يزيد حجمة بمقدار ٤ ٪ عندما ترتفع درجة الحرارة بمقدار ٥٠ درجة مئوية وفى طريقه عند تمدده إلى الصهاريج الزيتية(expansion tanks)عليه التغلب على المقاومة الهيدروديناميكية Hydrodynamic resistance والتى تحسب على حسب مسار المجرى الزيتى وكثافة الزيت المستعمل . (أنظر رسم ٣)



a = Oil-filled cable, b = Compound-impregnated cable

شكل (٣)

وتتوقف سرعة تمدد الزيت على مقدار إرتفاع درجة الحرارة فى الكابل ولما كانت المقاومة الديناميكية لا يمكن اختزالها تماما فلابد من حدوث ضغط ديناميكى مؤقت ومماثل إلى أن يفنى بعد ذلك مع زيادة سير الزيت المتمدد . ويحدث مثل هذا تماما فى طريق معكوس عندما يرجع الزيت من الصهاريج إلى مجراه بالكابلات عندما يبرد الكابل وقت انخفاض الحمل ويحسن إختيار مواضع هذه الصهاريج حتى يمكن إبقاء الضغوط متساوية وفى النطاق المرغوب فيه طول مسار الكابل أنظر الرسم ١٣



شكل (١٣)

أهم الخواص الكهربائية للكابلات الزيتية :

(أولا) لما كان الورق العازل يبقى دائما تحت الحقن (Imprignated) بالزيت وقت الاحمال المختلفة فان خواص العزل تمتاز كثيرا على مثيلاتها المحقونه بمادة الكومبوند فى الكابلات المصمتة .

(ثانيا) يمكن للكابل الزيتى احتمال ضعف الفولت الذى يحتمله الكابل المصمت عندما يكون سمك العزل فى الاثنين متساوى .

(ثالثا) قوة العزل (dielectric strength) فى الكابلات الزيتية تعادل ثلاثة أمثال شبيهاتها فى الكابلات المصمته . كما أن قوة العزل هذه العالية فى الكابلات الزيتية لاتتأثر بارتفاع درجة حرارة الكابلات بل وجد أنها بالعكس تتحسن بارتفاع درجة الحرارة عند تحميلها أكثر من بقائها بغير استعمال .

(رابعا) معامل الضغط (dielectric Stress) على العزل فى الكابلات المصمتة لايمكن رفعها لأكثر من ٥٠٠٠ فولت على المليمتر بينما هى فى الكابلات الزيتية تصل إلى ١٠٠٠٠ فولت على المليمتر أو تزيد ولهذا يمكن تخفيض سمك العزل فى الكابلات الزيتية إلى نصف سمكه فى الكابلات المصمته المشابهة .

(خامسا) أعلا إرتفاع فى درجة حرارة الكابلات المصمتة المسموح به هو ٢٥ درجة مئوية بينما فى زميلاتها الزيتية يمكن رفع درجة حرارتها إلى ٥٠ درجة مئوية بدون تعرضها للخطر .

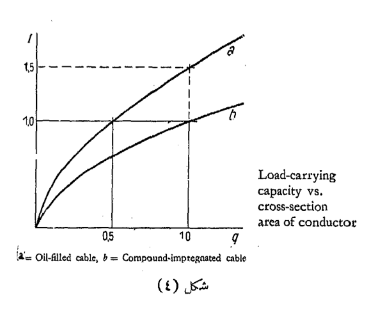
(سادسا) لإرسال نفس التيار الكهربائى فى الكابلات الزيتية تحتاج إلى نصف قطاع الموصلات فى الكابلات المصمتة . أو بعبارة أخرى فان الكابلات الزيتية يمكن أن تحتمل مرة ونصف الحمل الذى يحتمله الكابلات المصمتة وبنفس المقطع أنظر الرسم (٤)

(سابعا) رغم هذه الميزات المتعددة فان ثمن الكابل الزيتى أرخص من ثمن شبيهه المصمت والذى ينقل نفس القوى بما لايقل عن ٢٠٪

أهم مايؤخذ على الكابلات الزيتية :

(أولا) إذا استعملت هذه الكابلات فى مسارات غير مستوية أى متغيرة

الارتفاعات والإنخفاضات فى البلاد الجبلية مثلا فان الضغط الاستاتيكى يرتفع عند قطاعات الكابلات التى تسير فى أوطى مسار بينما تنخفض كثيرا فى المسارات العالية ، ويتسبب عن هذا إختلاف ضغط الزيت فى نقط مختلفة من مسار الكابل ويعالج هذا بوضع وصلات إضافية وصهاريج زيتية (stop joints) (expansion tanks) على أبعاد متقاربة تنتخب فى مسار الكابل .

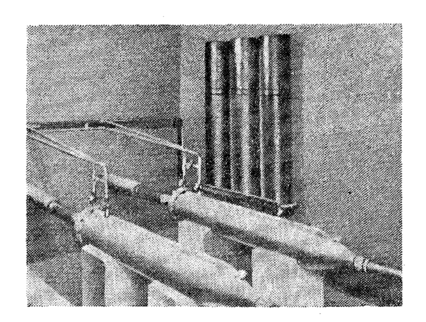


a = Oil-filled cable, b = Compound-impregnated cable

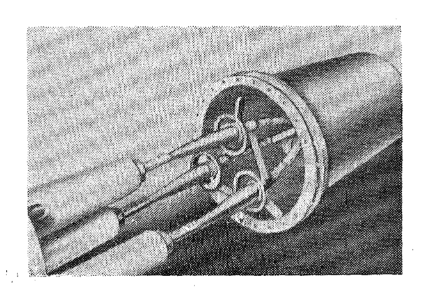
شكل (٤)

كما أن الغلاف الرصاصى للكابل يجب تقويته بزيادة سمك الرصاص ليحتمل هذا الضغط الاستاتيكى وتسليحه تسليحا قويا — كما أنه يجب حماية الغلاف الرصاصى ومعدن التسليح بطبقة من الكاوتش يتوقف سمكها على نوع تربة الأرض التى يسير فيها الكابل لحمايتها من الصدأ (corrosion)

(ثانيا) وصلات الكابلات الزيتية junction boxes تحتاج إلى عناية كبيرة وخبرة خاصة فى توصيلها وكذلك وصلات النهايات (sieling ends) ووصلات التقسيم (stop joints) وذلك خوفا من تسرب الرطوبة إلى الزيت وقت عمل هذه الوصلات فيضعف من قوة عزله وربما سبب حدوث صدأ فى الموصلات أو الغلاله الرصاصية الحامية (corrosion) ولعل هذا البند هو أخطر ما كان يوجه إلى الكابلات الزيتية من الانتقادات (انظر الشكل ٥ . ٥ ا . ٥ ب)

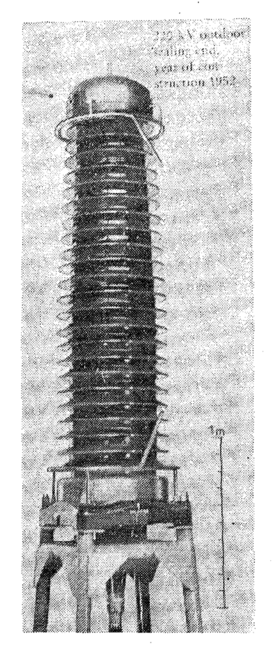


شكل (٥)



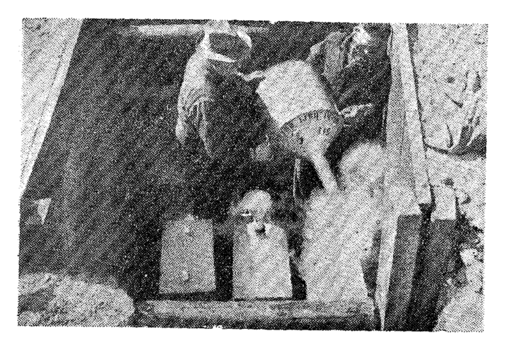
شكل (١٥)

وقد تمكنت الشركات الألمانية من التغلب على هذا العيب الخطير عندما اكتشفت طريقة تجميد الزيت فى اطراف الكابلات (freezing) بواسطة الهواء السائل (liquid air) وذلك حتى نقلها إلى المسار وقبل عمل وصلات الكابل فى الصناديق (junciton boxes) وبذلك ضمنت عدم تسرب الرطوبة أو خلافها وكذلك عدم تسرب الزيت وقت التركيب حتى إذا تمت عمل الوصلات بأمان أعيد ذوبان الزيت وسمح له بالسير فى طريقه العادى . (انظر الرسم ٦)



شكل (٥ ب)

ويرجع عهد استعمال الكابلات الزيتية عمليا إلى سنة ١٩٢٨ حيث أنشىء خطا طوله ٣٠ كيلومترا وضغطه ١١٠ ك ف بمدينة نورنبرج بألمانيا صناعة شركة سيمنس شوكرت وتكون من ثلاثة كابلات فردية (three Single — core) تسير على التوازى وتخترق مدينة نورنبرج من الشرق إلى الغرب ويوصل بين محطتى المحولات فى (Tullnau Stein) كما أنشىء خطا آخر بمدينة نورنبرج أيضا لنفس الضغط وفى مسار آخر سنة ١٩٣١ وانشىء فى نفس هذا العام خطا فى منطقة



شكل (٦)

لندن طوله ٥ر٣٧ ميل وضغطة ١٣٢ ك ف من النوع الفردى كذلك Singls Core ويتروواح ضغط الزيت فى هذا النوع من ١ — ٥ كجم/سم ٢ ويمكن رفع هذا الضغط إلى حوالى ٨ كجم / سم ٢ فى الحالات التى ترتفع فيها درجة الحرارة بسرعة .

كابلات الغاز المضغوط Gas pressured Gables

هذا النوع من الكابلات بدأت صناعته قبل الحرب العالمية الثانية بقليل وهو يشبه الكابلات الزيتية فى أغلب خواصها وقام على نفس النظرية حيث استبدل الزيت بغاز مضغوط هو فى الغالب غاز النتروجين ويحقن هذا الغاز فى مجارى تسير فى طول الكابل بضغط كاف لملء الفجوات التى تنشأ فى العازل نتيجة التغيرات الدائمة فى درجة الحرارة والذى سبق شرحها عند الكلام على الكابلات المصمتة ويمنع بذلك حدوث تأين (ionization) فى العزل من أثر ظروف العمل ، ويتراوح ضغط الغاز بين ١٠ — ١٥ كجم/ سم٢ ولذلك وجب تسليح الكابل بدرجة كافية لاحتمال مثل هذا الضغط العالى نسبيا — كما تجهز مسارات هذه الكابلات بضواغط الغاز وأجهزة أمان (Relays) للتنبيه بوجود خلل إذا ما انخفض الضغط عن الحد المعين وبذا يسهل تلافى العيوب قبل وقوعه .

ويصنع من هذه الكابلات ثلاثة أنواع :

(١) الكابلات المملوءة بالغاز Gas filled cables

هذا النوع من الكابلات عازل موصلاته من الورق الغير محقون pre—imprignated أى ليس به كمباوند ولا زيت ويتخلل الغاز شرائط الورق العازل حيث يكونان معا المادة العازلة ويتسع قطر الغلاف الرصاصى بمقدار ٦٥,٠ من الملليمتر فى حالة الموصل الواحد (Single core) ليسهل المرور المحورى للغاز والذى يمر أيضا بين لفات الورق الغير محقون ، وهذا النوع يشبه الكابلات الزيتية أى أن الغاز يقوم مقام الزيت فى عملية الحقن للعازل ، ولم يستعمل هذا النوع إلى فى مسافة لا تتجاوز ١٨ ميلا بانجلترا خلال خمسة أعوام من سنة ١٩٣٧ إلى سنة ١٩٤٢ .

(٢) الكابلات المحقونه ذات الضغط Imprignatd pressure coblee

وهذه تشبه الكابلات المصمته تماما فى صناعتها غير أن لها مجرى طولى لمرور الغاز المضغوط فيها وأن يكون الكمبوند من النوع المحقون الذى يحتمل العزل به ضغطا عاليا ويزيد قطر الغلاف الرصاصى للكابلات ذات المقطع الواحد Single core بحوالى ١,٧٥ مم : وفى الكابلات ذات الثلاث مقاطع three cores بحوالى ٧٥ر مم مع وجود ماسورة قطرها حوالى ٦ر٢٥ مم تسير داخل الكابل فى الجزء العازل لمرور الغاز به وتستعمل هذه الماسورة لتسهيل مرور الغاز بين الوصلات المختلفة

وكان أول استعمال لهذا النوع من الكابلات سنة ١٩٤٠ بضغط قدره ٦٦ ك .ف كما كان أول استعمال مثل هذه الكابلات ذات الثلاث مقاطع والضغط ١٣٢ ك . ف هو سنة ١٩٤٤ ويكثر استعمال هذا النوع فى انجلترا .

(٣) الكابلات المضغوطة (Compression cables)

هذا النوع من الكابلات يختلف شيئا ما فى النظرية الإساسية للاستعمال عن الأنواع التى سبق شرحها فالجزء الداخلى من الكابل هو تماما كشبيهه من الكابل المصمت (Solid) يحاط بغلالة رفيعة من الرصاص وهذه تسير داخل غلاف آخر خارجى ويملأ الفراغ الموجود بينهما بالغاز المضغوط ليمنع تكوين الفجوات الصغيرة (Voids) داخل الكابل .

وفى بعض الأحيان يمكن تغليف الموصلات الثلاثة بغلاف رصاصى واحد لكابلات من هذا النوع والتى تستعمل لضغط حتى ٦٦ ك.ف ويمكن أن يكون الغلاف الخارجى فى هذه الحالة خطا من المواسير الصلب المختلفة يسحب داخلها

الجزء الداخلى من الكابل أو تغلف بغلاف آخر من الرصاص المقوى والمسلح تسليحا كافيا لاحتمال ضغط الغاز .

وقد استعمل هذا النوع بنجاح منذ أوائل الحرب الأخيرة

وكابلات الغاز المضغوطة التى تسير فى خطوط من المواسير الصلب المجلفن (Pipe line compression cahles) هى أفضل خطوط الكابلات الأرضية التى تقاوم حوادث الاتلاف خصوصا فى البلاد التى لم تتم لها المشروعات العمرانية والصحية كشبكات المجارى والمياه والتلفونات وخطوط التنظيم ، كالحاصل الآن فى مدينة القاهرة — وهذا النوع يستعمل الآن بكثرة فى المانيا وانجلترا وأغلب بلاد أوربا حتى فاق كثرة استعماله الكابلات الزيتية .

وهو يشترك فى جميع المميزات التى شرحتها عن الكابلات الزيتية وثمنه مقارب جدا لها كما أنه أرخص من الكابلات المصمتة بحوالى ١٥ ٪

والجدول الآتى يبين أقصى درجة حرارة مسموح بها لكل من الأنواع الثلاثة للمقارنة :

	نوع الكابل	الفولت المستعمل ك م ف	أقصى درجة حرارة مسموحة °م		
			فى الأرض	فى الهواء	فى مجرى خرسانى
Solid مصمت	موصل واحد	٣٣ ك . ف	٦٥°م	٦٥°م	٥٠°م
	ثلاثة موصلات بدون تسليح	٣٣ ك . ف	٦٥	٦٥	٦٥
	ثلاثة موصلات مسلح	٣٣ ك . ف	٦٥	٦٥	٥٠
	موصل واحد دائرى	٦٦ ك . ف	٦٠	٦٠	٥٠
	موصل واحد بيضاوى	٦٦ ك . ف	٦٥	٦٥	٥٠
كابل زيتى كابل غازى		لجميع الضغوط	٨٥	٨٥	٨٥

ومن هذا الجدول يتضح أن الكابلات المصمتة لا تصلح للاستعمال لضغط يزيد عن ٦٦ ك . ف كما أن أقصى درجة مسموح بها هى ٦٥°م عنـــد ما يوضع الكابل فى الأرض مباشرة بينما لا يصح أن ترتفع درجـــة حرارته عن ٥٠°م فقط عند ما يوضع فى مجرى خرسانى — كما يتضح أن الكابلات الزيتيـة أو الغازية تستعمل لجميع الضغوط مهما ارتفعت وان أقصى درجة لها هى ٨٥°م فى جميع أوضاعها .

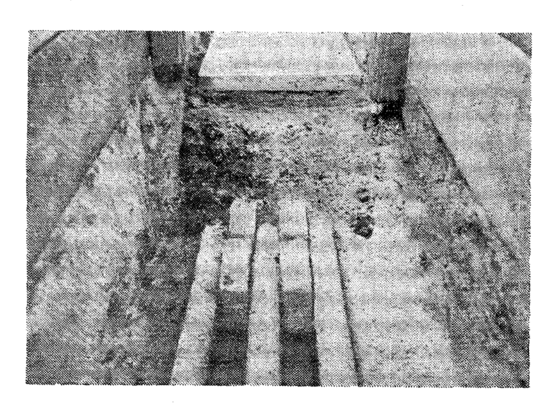
الطرق المتبعة فى وضع الكابلات الأرضية فى مسارها

أولا : يختار الطريق الذى يسير فيه الكابل بحيث يكون مستقيما وفى مستوى واحد بقدر الامكان فاذا تغير الاتجاه وجب أن يأخذ الانحناء المسار الدائرى وتجنب الانكسارات العنيفة حتى لا يؤثر على عازل الكابل .

ثانيا : يجب أن يكون المسار فى الجانب الأيسر للشارع ومجاور للرصيف وبعيداً عن مسارات مواسير المياه والمجارى وكابلات التلفونات وفى شوارع تمت جميع أعمالها الصحية والعمرانية والبلدية .

ثالثا : يحفر خندقا عمقه حوالى ١٢٠سم وعرضه حوالى متراً وتسوى أرضيته بوضع حوالى ١٥ سم من الرمل أو التراب الناعم كمخده لوضع الكابل فوقها بعد فرده وجره على المسارات العجلية المعتادة ثم يغطى بطبقة مشابهـة من الرمل أو التراب الناعم إذا كان ذا ثلاث موصلات ، فان كان ذا موصل واحد وضع كل موصل بجانب الآخر على مسافات متقاربة حيث يفصل بينها بقالب طوب ثم تغطى كذلك بالرمل أو التراب ثم يوضع فوق هذا ألواح من الخرسانة المسلحة سمكها ٦ سم بعرض الخندق لحماية مسار الكابلات ثم يردم فوقها بمادة طينية (ويحذر الردم بالأحجار أو الحصى) إلى مستوى الشارع ثم يسفلت كالعادة — وعنـد الوصلات (joint boxes) تعمل حجرات تفتيش مبنية بمقاسات مناسبة حيث يصب لها قواعد خرسانية لصناديق التوصيل حيث تلحم أطراف الكابلات بعناية

ومهارة فائقة وكذلك توصل النهايات (Sealing ends) بمثل هذه العناية بداخل محطات التوليد أو التحويل (أنظر شكل ٧)



شكل (٧)